

## 明細書

## 微小共振器及び通信装置

## 技術分野

本発明は、微小共振器、及びこの微小共振器によるフィルタを  
5 備えた通信装置に関する。

## 背景技術

近年、マイクロマシン（MEMS：Micro Electro  
Mechanical Systems、超小型電氣的・機械的複  
10 合体）素子、及びMEMS素子を組み込んだ小型機器が、注目さ  
れている。MEMS素子の基本的な特徴は、機械的構造として構  
成されている駆動体が素子の一部に組み込まれていることであっ  
て、駆動体の駆動は、電極間のクーロン力などを応用して電氣的  
に行われる。

15 半導体プロセスによるマイクロマニシング技術を用いて形成さ  
れた微小振動素子は、デバイスの占有面積が小さいこと、高いQ  
値を実現できること、他の半導体デバイスとの集積が可能なこと、  
という特長により、無線通信デバイスの中でも中間周波数（IF）  
フィルタ、高周波（RF）フィルタとしての利用がミシガン大学  
20 を始めとする研究機関から提案されている（非特許文献1参照）。

図10は、非特許文献1に記載された高周波フィルタを構成す  
る振動子、即ち微小共振器の概略を示す。この共振器1は、半導  
体基板2上に絶縁膜3を介して例えば多結晶シリコンによる入力  
側配線層4と出力電極5が形成され、この出力電極5に対向して  
25 空間6を挟んで例えば多結晶シリコンによる振動可能なビーム、  
所謂ビーム型の振動電極7が形成されて成る。振動電極7は、両  
端のアンカー部（支持部）8[8A、8B]にて支持されるように、  
出力電極5をブリッジ状に跨いで入力側配線層4に接続される。

振動電極 7 は入力電極となる。入力側配線 4 の端部には、例えば金 (Au) 膜 9 が形成される。この共振器 1 では、入力側配線 4 の金 (Au) 膜 9 より入力端子 t 1、出力電極 5 より出力端子 t 2 が導出される。

5        この共振器 1 は、振動電極 7 と接地間に DC バイアス電圧 V 1 が印加された状態で、入力端子 t 1 を通じて振動電極 7 に高周波信号 S 1 が供給される。即ち、入力端子 t 1 から DC バイアス電圧 V 1 と高周波信号 S 1 が入力されると、長さ L で決まる固有振動数を有する振動電極 7 が、出力電極 5 と振動電極 7 間に生じる  
10        静電力で振動する。この振動によって、出力電極 5 と振動電極 7 との間の容量の時間変化と DC バイアス電圧に応じた高周波信号が出力電極 5 (従って、出力端子 t 2) から出力される。高周波フィルタでは振動電極 7 の固有振動数 (共振周波数) に対応した信号が出力される。

15        [非特許文献 1] J. R. Clark, W. -T. Hsu, and C. T. -C. Nguyen, "High-Q VHF micro mechanical contour-mode disk resonators," Technical Digest, IEEE Int. Electron Devices Meeting, San Francisco, California,]  
20        Dec. 11-13, 2000, pp. 399-402.

ところで、これまでに提案され、検証された微小振動子の共振周波数は、最高でも 200 MHz を超えず、従来の表面弾性波 (SAW) あるいは薄膜弾性波 (FBAR) による GHz 領域のフ  
25        ルタに対して、微小振動子の特性である高い Q 値を GHz 帯周波数領域で提供することができていない。

現在のところ、一般的に高い周波数領域では出力信号としての共振ピークが小さくなる傾向があり、良好なフィルタ特性を得る

ためには、共振ピークの S N 比を向上する必要がある。ミシガン大学の文献に係るディスク型の振動子によれば、出力信号のノイズ成分は、入力電極となる振動電極 7 と出力電極 5 間に構成される寄生容量 C 0 を直接透過する信号によっている。一方において

5 ディスク型の振動子で、十分な出力信号を得るには、30 V を超える D C バイアス電圧が必要であるために、実用的な振動電極構造としては両持ち梁を用いたビーム型の構造であることが望ましい。

## 10 発明の開示

ノイズ成分を低減化する方法として、D C バイアス電圧を印加する振動電極を入力電極と出力電極間に配置する構成が考えられる。図 8 及び図 9 は、上記のノイズ成分の低減方法をビーム型構造の共振器に対して適用した先行技術を示す。この共振器 1 1 は、

15 例えば半導体基板 1 2 上に絶縁膜 1 3 を介して入力電極 1 4 及び出力電極 1 5 が形成され、この入力電極 1 4 及び出力電極 1 5 に対向して空間 1 6 を挟んで振動板となる電極、いわゆるビーム型の振動電極 1 7 が形成されて成る。振動電極 1 7 は、入出力電極 1 4, 1 5 をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極 1 4, 1 5 の外側に

20 配置した配線層 1 8 に接続されるように、両端を支持部（いわゆるアンカー部）1 9 [1 9 A、1 9 B] で一体に支持される。入力電極 1 4、出力電極 1 5、配線層 1 8 は、同じ導電材料で形成され、例えば多結晶シリコン膜、アルミニウム膜などの金属膜等にて形成される。振動電極 1 7 は、例えば多結晶シリコン膜、アル

25 ミニウム膜などの金属膜等にて形成される。

入力電極 1 4 には入力端子 t 1 が導出され、入力端子 t 1 を通じて高周波信号 S 2 が入力される。出力電極 1 5 には出力端子 t 2 が導出され、出力端子 t 2 から目的周波数の高周波信号が出力

される。振動電極 17 には所要の D C バイアス電圧 V 2 が印加される。

この微小共振器 11 では、入力電極 14 に高周波信号 S 2 が入力されると、D C バイアス電圧 V 2 が印加された振動電極 17 と  
5 入力電極 14 間に生じる静電力で振動電極 17 が共振し、出力電極 15 から目的周波数の高周波信号が出力される。この微小共振器 11 によれば、入出力電極 14 及び 15 の対向面積が小さく且つ入出力電極 14 及び 15 間の間隔を大きくとれるので、入出力電極間の寄生容量 C 0 が小さくなる。従って、入出力電極 14 間の  
10 寄生容量 C 0 を直接透過する信号、つまりノイズ成分が小さくなり、出力信号の S N 比を向上させることができる。

しかしながら、上述の図 10 や図 8 に示すようなビーム構造を持つ微小共振器 1, 11 において問題となるのが、インピーダンスが高いことである。一般的な数  $\mu\text{m}$  ~ 数十  $\mu\text{m}$  サイズの共振器  
15 におけるインピーダンスは、数十 K  $\Omega$  ~ 数百 K  $\Omega$  に達するため、システムのインピーダンスとして 50  $\Omega$  が基本である高周波 (R F) デバイスへの適用は、困難であった。

本発明は、共振器の合成インピーダンスの低下を可能にし、所要のデバイスへの適用を可能にした微小共振器を提供するものである。  
20 ある。

また、本発明は、このような微小共振器素子によるフィルタを備えた通信装置を提供するものである。

本発明に係る微小共振器は、ビーム構造を有する複数の微小共振器素子を電氣的に並列接続して構成する。

25 上記の複数の微小共振器素子は、同一平面上に配置した入力電極及び出力電極と、入力電極と出力電極に対して空間を挟んで配置した振動板となるビームとを備えた複数の微小共振器素子を有し、この複数の微小共振器素子を同一基板上に並列に配置して構

成することができる。

上記の複数の微小共振器素子は、同一平面上に配置した入力電極及び出力電極と、入力電極と出力電極に対して空間を挟んで並列状に配置した複数の振動板となるビームとを備えた複数ビーム

5 型の微小共振器素子により構成することができる。

上記の複数の微小共振器素子は、同一平面上に配置した入力電極及び出力電極と、入力電極と出力電極に対して空間を挟んで並列状に配置した複数の振動板となるビームとを備えた複数の複数ビーム型微小共振器素子を有し、この複数の複数ビーム型微小共振器素子を同一基板上に並列に配置して構成することができる。

10

本発明に係る通信装置は、送信信号及び／又は受信信号の帯域制限を行うフィルタを備えた通信装置において、フィルタとして、同一基板上に形成されたビーム構造を有する複数の微小共振器素子が電氣的に並列接続されてなる微小共振器によるフィルタを用いて構成する。

15

上記のフィルタにおける複数の微小共振器素子としては、同一平面上に配置した入力電極及び出力電極と、入力電極と出力電極に対して空間を挟んで配置した振動板となるビームとを備えた複数の微小共振器素子を有し、この複数の微小共振器素子を同一平面上に並列して配置して構成することができる。

20

上記のフィルタにおける複数の微小共振器素子としては、同一平面上に配置した入力電極及び出力電極に対して空間を挟んで並列状に配置した複数の振動板となるビームを備えた複数ビーム型微小共振器素子によって構成することができる。

25 上記のフィルタにおける複数の微小共振器素子としては、入力電極と出力電極に対して空間を挟んで並列状に配置した複数の振動板となるビームとを備えた複数の複数ビーム型微小共振器素子を同一基板上に並列に配置して構成することができる。

本発明の微小共振器では、複数の微小共振器素子を電氣的に並列接続した構成とするので、合成インピーダンスが低下し、任意の合成インピーダンスに調整することができる。

5 本発明に係る微小共振器によれば、共振器の合成インピーダンスが低下し、所要のインピーダンスを有するデバイスに適用することができる。例えば、 $50\ \Omega$ 系の高周波（RF）デバイスとして利用可能となる。また、並列化する共振器の個数の調整により、任意の合成インピーダンスの共振器の作製が可能となる。

10 同一基板上に複数の微小共振器素子を並列に配置して複数の微小共振器素子を構成するときは、複数の微小共振器素子の数により、合成インピーダンスを調整することができ、しかも1デバイスのコンパクトな微小共振器を製作することができる。

15 共通の入出力電極に対して並列状に複数のビームを配置してなる複数ビーム型の微小共振器素子を構成するときは、電極面積、即ちビーム面積が大きな1つの共振器とみなすことができる。このビームの数により合成インピーダンスを調整することができ、よりコンパクト化された1デバイスの微小共振器を製作することができる。

20 同一基板上に複数の複数ビーム型の微小共振器素子を並列に配置して複数の微小共振器素子を構成するときは、合成インピーダンスをさらに低下させることができ、更にコンパクト化された1デバイスの微小共振器を製作することができる。

25 本発明に係る通信装置によれば、上述の微小共振器によるフィルタ、すなわち適用する通信装置に適合する合成インピーダンスを有したフィルタを備えるので、信頼性の高い通信装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

図 1 は本発明に係る微小共振器の一実施の形態を示す構成図である。

図 2 A は図 1 の要部の微小共振器素子の断面図であり、図 2 B は図 1 の要部の微小共振器素子の平面図である。

5 図 3 は本発明に係る微小共振器の他の実施の形態を示す構成図である。

図 4 は本発明に係る微小共振器のさらに他の実施の形態を示す構成図である。

10 図 5 A ～ E は本発明に係る微小共振器の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図（その 1）である。

図 6 A ～ D は本発明に係る微小共振器の製造方法の一実施の形態を示す製造工程図（その 2）である。

図 7 は本発明の通信装置の一実施の形態を示す回路図である。

15 図 8 は先行技術に係る微小共振器の例を示す断面図である。

図 9 は先行技術に係る微小共振器の例を示す平面図である。

図 10 は従来 of 微小共振器の断面図である。

発明を実施するための最良の形態

20 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

本発明で対象とする微小共振器は、マイクロスケール、ナノスケールの共振器素子を備えた共振器である。

25 図 1 に、本発明に係る微小共振器の一実施の形態を示す。本実施の形態に係る微小共振器 21 は、共通の基板 22 上にビーム構造を有する複数、本例では 3 つの微小共振器素子 23 [231、232、233] を並列的に配置し、これら複数の微小共振器素子 23 [231、232、233] を電氣的に並列接続して構成される。即ち、各微小共振器素子 231、232、233 は、図 1 及び図 2 A, B

に示すように、それぞれ基板 22 の同一平面上に入力電極 24 及び出力電極 25 を夫々 3 つに分岐して形成し、分岐された各対をなす入出力電極 241、251、入出力電極 242、252、入出力電極 243、253 に対向して夫々空間 26 を挟んで各独立した振動板となるビーム、いわゆるビーム型の振動電極 27 を形成して構成される。各微小共振器素子 231~233 は、同一基板 22 上に並列して配置されると共に、入力電極 241~243 が共通に接続され、出力電極 251~253 が共通接続されていることから、並列接続された形となる。本実施の形態では、この複数の微小共振器素子 231、232、233 の各入力電極 24 を共通に接続し、各出力電極 25 を共通に接続して 1 つのデバイスとして微小共振器 21 が構成される。

各振動電極 27 は、入出力電極 24、25 をブリッジ状に跨ぎ、入出力電極 24、25 の外側に配置した配線層 28 に接続されるように、両端を支持部（いわゆるアンカー部）29[29A、29B]で一体に支持される。振動電極 27 は両持ち梁構造となる。

基板 22 は、例えばシリコン(Si)やガリウム砒素(GaAs)などの半導体基板上に絶縁膜を形成した基板、石英基板やガラス基板のような絶縁性基板等が用いられる。本例ではシリコン基板上にシリコン窒化膜を形成した基板が用いられる。入力電極 24、出力電極 25、配線層 28 は、同じ導電材料で形成することができ、例えば多結晶シリコン膜、アルミニウム(Al)などの金属膜、さらには半導体基板に不純物を導入して形成した不純物半導体層、等にて形成することができる。振動電極 27 は、例えば多結晶シリコン膜、アルミニウム(Al)などの金属膜にて形成することができる。

共通接続された入力電極 24 には所要の周波数信号、例えば高周波信号が入力され、共通接続された出力電極 25 から目的周波



数の信号、例えば高周波信号が出力される。各振動電極 2 7 には所要の D C バイアス電圧が印加される。

この微小共振器 2 1 の動作は次の通りである。各振動電極 2 7 に所要の D C バイアス電圧が印加される。入力電極 2 4 に例えば高周波信号が入力されると、振動電極 2 7 と入力電極 2 4 との間に生じる静電力で、2 次の振動モードで振動電極 2 7 が共振する。この振動電極 2 7 の共振で出力電極 2 5 から目的周波数の高周波信号が出力される。他の周波数の信号が入力されたときは、振動電極 2 7 が共振せず、出力電極 2 5 からは信号が出力されない。

- 10     本実施の形態に係る微小共振器 2 1 によれば、複数の微小共振器素子 2 3 [2 3 1、2 3 2、2 3 3]を並列に配置し、各入力電極 2 4 及び各出力電極 2 5 をそれぞれ共通接続して、微小共振器素子 2 3 1、2 3 2、2 3 3 を並列接続することにより、微小共振器 2 1 の合成インピーダンスを低下させることができる。即ち、この
- 15     ときの合成インピーダンス  $Z_a$  は、次のようになる。

$$1/Z_a = (1/Z_1) + (1/Z_2) + (1/Z_3)$$

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 \text{ とすれば、}$$

$$Z_a = (1/3) Z_1 \text{ となる。}$$

- 即ち、各微小共振器素子 2 3 1、2 3 2、2 3 3 を同じパターン
- 20     で形成し、それぞれのインピーダンス  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$  の値を同じにすれば、合成インピーダンス  $Z_a$  はインピーダンス  $Z_1$  の 3 分の 1 になる。従って、微小共振器素子を 3 つ以上配置して並列接続すれば、適用すべき電子機器に適合する合成インピーダンスを有した微小共振器 2 1 が得られる。

- 25     図 3 に、本発明に係る微小共振器の他の実施の形態を示す。本実施の形態に係る微小共振器 3 1 は、基板 2 2 上に入力電極 2 4 及び出力電極 2 5 を形成し、入力電極 2 4 及び出力電極 2 5 に対向して空間を挟んで各独立した複数、本例では 3 つの振動電極 2

7 [2 7 1, 2 7 2、2 7 3]を並列状に形成して構成される。即ち、  
3つの振動電極2 7 [2 7 1, 2 7 2、2 7 3]は、入出力電極2 4,  
2 5の長手方向に沿って平行に配列される。本実施の形態の微小  
共振器素子は、共通する入出力電極2 4, 2 5に対してビーム構  
5 造の振動電極2 7が複数設けられた構成であるから、複数ビーム  
型の微小共振器素子と称する。

この場合、振動電極2 7 1、入力電極2 4及び出力電極2 5に  
より微小共振器素子2 3 1が構成される。振動電極2 7 2、入力  
電極2 4及び出力電極2 5により微小共振器素子2 3 2が構成さ  
10 れる。振動電極2 7 3、入力電極2 4及び出力電極2 5により微  
小共振器素子2 3 3が構成される。従って、本実施の形態の微小  
共振器3 1は、微小共振器素子2 3が直線状に配置された形とな  
る。

その他の構成は、図1及び図2で説明したと同様であるので、  
15 重複説明を省略する。

本実施の形態に係る微小共振器3 1によれば、各振動電極2 7  
1、2 7 2、2 7 3で構成される微小共振器素子2 3 1、2 3 2、2  
3 3が並列接続された形になる。この微小共振器3 1は、あたかも  
各振動電極2 7 1、2 7 2、2 7 3の加算により振動電極面積を  
20 大きくした1つの共振器とみなすことができる。これにより、微  
小共振器3 1の合成インピーダンスを低下させることができる。  
即ち、このときの合成インピーダンス $Z_b$ は、次のようになる。

$$1/Z_b = (1/Z_1) + (1/Z_2) + (1/Z_3)$$

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 \text{ とすれば、}$$

25  $Z_b = (1/3) Z_1$  となる。

このように、各微小共振器素子2 3 1、2 3 2、2 3 3を同じパ  
ターンで形成し、それぞれのインピーダンス $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ の  
値を同じにすれば、合成インピーダンス $Z_b$ はインピーダンス $Z$

1 の 3 分の 1 になる。従って、振動電極 2 7 を 3 つ以上配置すれば、適用すべき電子機器に適合する合成インピーダンスを有した微小共振器 3 1 が得られる。この微小共振器 3 1 では、図 1 のものに比べて更にコンパクト化される。

- 5      図 4 に、本発明に係る微小共振器の更に他の実施の形態を示す。本実施の形態は図 1 と図 3 の微小共振器を組み合わせた構成である。

本実施の形態に係る微小共振器 4 1 は、共通の基板 2 2 上に複数、本例では 3 つの複数ビーム型の微小共振器素子 3 1 [3 1 1、  
10    3 1 2、3 1 3]を並列的に配置し、これら複数の複数ビーム型微小共振器素子 3 1 [3 1 1、3 1 2、3 1 3]を電氣的に並列接続して構成される。

即ち、入力電極 2 4 が 3 つに分岐され、出力電極 2 5 が 3 つに分岐される。複数ビーム型微小共振器素子 3 1 1 は、分岐された  
15    1 つ目の対の入出力電極 2 4 1, 2 5 1 に対向して空間を挟んで各独立した複数、本例では 3 つの振動電極 2 7 [2 7 1、2 7 2、2 7 3]を並列状に形成して構成される。複数ビーム型微小共振器素子 3 1 2 は、分岐された 2 つ目の対の入出力電極 2 4 2, 2 5 2 に対向して空間を挟んで各独立した複数、本例では 3 つの振動電極 2  
20    7 [2 7 4、2 7 5、2 7 6]を並列状に形成して構成される。複数ビーム型微小共振器素子 3 1 3 は、分岐された 3 つ目の対の入出力電極 2 4 3, 2 5 3 に対向して空間を挟んで各独立した複数、本例では 3 つの振動電極 2 7 [2 7 7、2 7 8、2 7 9]を並列状に形成して構成される。

- 25      この場合、複数ビーム型微小共振器素子 3 1 1 では、振動電極 2 7 1、入力電極 2 4 1 及び出力電極 2 5 1 により微小共振器素子 2 3 1 が構成され、振動電極 2 7 2、入力電極 2 4 1 及び出力電極 2 5 1 により微小共振器素子 2 3 2 が構成され、振動電極 2 7 3、

入力電極 2 4 1 及び出力電極 2 5 1 により微小共振器素子 2 3 3 が構成される。

5 複数ビーム型微小共振器素子 3 1 2 では、振動電極 2 7 4、入力電極 2 4 2 及び出力電極 2 5 2 により微小共振器素子 2 3 4 が構成され、振動電極 2 7 5、入力電極 2 4 2 及び出力電極 2 5 2 により微小共振器素子 2 3 5 が構成され、振動電極 2 7 6、入力電極 2 4 2 及び出力電極 2 5 2 により微小共振器素子 2 3 6 が構成される。

10 複数ビーム型微小共振器素子 3 1 3 では、振動電極 2 7 7、入力電極 2 4 3 及び出力電極 2 5 3 により微小共振器素子 2 3 7 が構成され、振動電極 2 7 8、入力電極 2 4 3 及び出力電極 2 5 3 により微小共振器素子 2 3 8 が構成され、振動電極 2 7 9、入力電極 2 4 3 及び出力電極 2 5 3 により微小共振器素子 2 3 9 が構成される。

15 その他の構成は、図 1、図 3 で説明したと同様であるので、重複説明を省略する。

本実施の形態に係る微小共振器 4 1 によれば、複数の微小共振器素子 2 3 を直線状に配置した形の、複数の複数ビーム型微小共振器素子 3 1 1、3 1 2、3 1 3 を並列に配置した構成とすること  
20 により、並列接続された微小共振器素子の数が多くなり、微小共振器 4 1 の合成インピーダンスをより低減することができる。即ち、このときの合成インピーダンス  $Z_c$  は、次のようになる。

$$\begin{aligned} 1/Z_c = & (1/Z_1) + (1/Z_2) + (1/Z_3) \\ & + (1/Z_4) + (1/Z_5) + (1/Z_6) \\ 25 & + (1/Z_7) + (1/Z_8) + (1/Z_9) \end{aligned}$$

$Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_4 = Z_5 = Z_6 = Z_7 = Z_8 = Z_9$  とすれば、

$$Z_c = (1/9) Z_1 \text{ となる。}$$

このように、各複数ビーム型の微小共振器素子 3 1 1、3 1 2、3 1 3 を同じパターンで形成し、それぞれのインピーダンス  $Z_1 \sim Z_9$  の値を同じにすれば、合成インピーダンス  $Z_c$  はインピーダンス  $Z_1$  の 9 分の 1 になる。従って、各複数ビーム型微小共振器素子 3 1 の振動電極 2 7 を 3 つ以上配置し、且つ複数微小共振器素子 3 1 を 3 つ以上配置すれば、適用すべき電子機器に適合する合成インピーダンスを有した微小共振器 4 1 が得られる。この微小共振器 4 1 では、図 1、図 3 ものに比べて更にコンパクト化される。

10 次に、図 5 及び図 6 を用いて本実施の形態の微小共振器の製造方法を説明する。なお、図では要部の微小共振器素子の断面構造を示す。

本実施の形態においては、先ず、図 5 A に示すように、シリコン基板 5 1 の上面に所要の膜厚の絶縁膜 5 2 を形成した基板 2 2 を用意する。本例ではシリコン基板 5 1 上に膜厚  $1 \mu\text{m}$  のシリコン窒化 (SiN) 膜 5 2 を形成して基板 2 2 を形成する。

次に、図 5 B に示すように、基板 2 2 の絶縁膜 5 2 上に下部電極、即ち入出力電極となる所要の膜厚の導電性膜 5 3 を形成する。本例ではシリコン窒化膜 5 2 上に膜厚  $0.5 \mu\text{m}$  の多結晶シリコン膜 5 3 を蒸着により形成する。

次いで、図 5 C に示すように、多結晶シリコン膜 5 3 を選択エッチングによりパターンニングして下部電極となる入力電極 2 4 及び出力電極 2 5 と、配線層 2 8 とを形成する。この入出力電極 2 4、2 5 及び配線層 2 8 のパターンは、前述の図 1、図 3、図 4 に対応したパターンに形成される。

次に、図 5 D に示すように、入出力電極 2 4、2 5 及び配線層 2 8 の上面を含む基板 2 2 の全面に所要の膜厚の犠牲層 5 4 を形成する。本例では犠牲層となる膜厚  $0.5 \mu\text{m}$  のシリコン酸化 (S

i O<sub>2</sub>) 膜 5 4 を蒸着により形成する。

次に、図 5 E に示すように、犠牲層 5 4 を平坦化処理して、入出力電極 2 4, 2 5 上の犠牲層 5 4 の膜厚を所要の膜厚に設定する。この犠牲層 5 4 の膜厚は前述の振動電極 2 7 と入出力電極 2 4, 2 5 との間の空間 2 6 の高さ相当する。本例では C M P (化学機械研磨)法を用いて犠牲層のシリコン酸化膜 5 4 を平坦化し、入出力電極 2 4, 2 5 の上に膜厚 0. 1 μ m のシリコン酸化膜 5 4 が残るようにする。

次に、図 6 A に示すように、犠牲層 5 4 の一部を選択エッチングして配線層 2 8 の一部が露出するコンタクト孔 5 5 を形成する。

次に、図 6 B に示すように、犠牲層 5 4 上に振動電極、即ちビームとなる所要の膜厚の導電性膜 5 6 を形成する。このとき、導電性膜 5 6 の一部はコンタクト孔 5 5 を通じて配線層 2 8 に接続される。本例ではビームとなる膜厚 0. 5 μ m の多結晶シリコン膜 5 6 を蒸着により形成する。

なお、前述の多結晶シリコン膜 5 3, 5 6、シリコン酸化膜 5 4 は、化学蒸着法である C V D (化学気相成長)法で形成することができるが、物理蒸着法で形成することも可能である。

次に、図 6 C に示すように、導電性膜である多結晶シリコン膜 5 6 をパターンニングして振動電極となるビーム 2 7 を形成する。このビーム 2 7 のパターンは、前述の図 1、図 3、図 4 のパターンに対応したパターンに形成される。

次に、図 6 D に示すように、犠牲層 5 4 を選択的に除去する。本例では犠牲層であるシリコン酸化膜 5 4 をフッ酸により除去する。これにより、入力電極 2 4 及び出力電極 2 5 に対して所要の空間 2 6 を挟んでビーム、従って振動電極 2 7 が配置された、図 1、図 3 又は図 4 に示す微小共振器 2 1, 3 1 又は 4 1 を得る。

上述の本実施の形態に係る微小共振器 2 1、3 1、4 1 によれ

ば、いずれも共振器の合成インピーダンスが低下し、所要のインピーダンスを有するデバイスに適用することができる。例えば、50Ω系の高周波(RF)デバイスとして利用可能となる。また、並列化する共振器の個数の調整により、任意の合成インピーダンスの共振器の作製が可能となる。

微小共振器21によれば、複数の微小共振器素子の数により、合成インピーダンスを調整することができ、且つコンパクト化された微小共振器を製作することができる。

微小共振器31によれば、電極面積、即ち振動電極面積が大きな1つの共振器とみなすことができる。この振動電極の数により合成インピーダンスを調整することができ、よりコンパクト化された微小共振器を製作することができる。

微小共振器41によれば、複数ビーム型の微小共振器素子の数、複数ビーム型の微小共振器素子内の振動電極の数により、合成インピーダンスをさらに低下させることができ、更にコンパクト化された微小共振器を製作することができる。

上述した各実施の形態の微小共振器によるフィルタは、高周波(RF)フィルタ、中間周波(IF)フィルタ等として用いることができる。

本発明は、上述した実施の形態の微小共振器によるフィルタを用いて構成される携帯電話機、無線LAN機器、無線トランシーバ、テレビチューナ、ラジオチューナ等の、電磁波を利用して通信する通信装置を提供することができる。

次に、上述した本発明の実施の形態のフィルタを適用した通信装置の構成例を、図7を参照して説明する。

まず送信系の構成について説明すると、Iチャンネルの送信データとQチャンネルの送信データを、それぞれデジタル/アナログ変換器(DAC)201I及び201Qに供給してアナログ信

号に変換する。変換された各チャンネルの信号は、バンド・パス・フィルタ 202 I 及び 202 Q に供給して、送信信号の帯域以外の信号成分を除去し、バンド・パス・フィルタ 202 I 及び 202 Q の出力を、変調器 210 に供給する。

- 5      変調器 210 では、各チャンネルごとにバッファアンプ 211 I 及び 211 Q を介してミキサ 212 I 及び 212 Q に供給して、送信用の PLL (phase-locked loop) 回路 203 から供給される送信周波数に対応した周波数信号を混合して変調し、両混合信号を加算器 214 で加算して 1 系統の送信信号とする。この場合、
- 10      ミキサ 212 I に供給する周波数信号は、移相器 213 で信号位相を  $90^\circ$  シフトさせてあり、I チャンネルの信号と Q チャンネルの信号とが直交変調されるようにしてある。

- 加算器 214 の出力は、バッファアンプ 215 を介して電力増幅器 204 に供給し、所定の送信電力となるように増幅する。電力増幅器 204 で増幅された信号は、送受信切換器 205 と高周波フィルタ 206 を介してアンテナ 207 に供給し、アンテナ 207 から無線送信させる。高周波フィルタ 206 は、この通信装置で送信及び受信する周波数帯域以外の信号成分を除去するバンド・パス・フィルタである。
- 15

- 20      受信系の構成としては、アンテナ 207 で受信した信号を、高周波フィルタ 206 及び送受信切換器 205 を介して高周波部 220 に供給する。高周波部 220 では、受信信号を低ノイズアンプ (LNA) 221 で増幅した後、バンド・パス・フィルタ 222 に供給して、受信周波数帯域以外の信号成分を除去し、除去された信号をバッファアンプ 223 を介してミキサ 224 に供給する。そして、チャンネル選択用 PLL 回路 251 から供給される周波数信号を混合して、所定の送信チャンネルの信号を中間周波信号とし、その中間周波信号をバッファアンプ 225 を介して中
- 25



間周波回路 230 に供給する。

中間周波回路 230 では、供給される中間周波信号をバッファ  
アンプ 231 を介してバンド・パス・フィルタ 232 に供給して、  
中間周波信号の帯域以外の信号成分を除去し、除去された信号を  
5 自動ゲイン調整回路（AGC 回路）233 に供給して、ほぼ一定  
のゲインの信号とする。自動ゲイン調整回路 233 でゲイン調整  
された中間周波信号は、バッファアンプ 234 を介して復調器 2  
40 に供給する。

復調器 240 では、供給される中間周波信号をバッファアンプ  
10 241 を介してミキサ 242 I 及び 242 Q に供給して、中間周  
波用 PLL 回路 252 から供給される周波数信号を混合して、受  
信した I チャンネルの信号成分と Q チャンネルの信号成分を復調  
する。この場合、I 信号用のミキサ 242 I には、移相器 243  
15 で信号位相を  $90^\circ$  シフトさせた周波数信号を供給するようにし  
てあり、直交変調された I チャンネルの信号成分と Q チャンネル  
の信号成分を復調する。

復調された I チャンネルと Q チャンネルの信号は、それぞれバ  
ッファアンプ 244 I 及び 244 Q を介してバンド・パス・フィ  
ルタ 253 I 及び 253 Q に供給して、I チャンネル及び Q チャ  
20 ンネルの信号以外の信号成分を除去し、除去された信号をアナロ  
グ／デジタル変換器（ADC）254 I 及び 254 Q に供給して  
サンプリングしてデジタルデータ化し、I チャンネルの受信デー  
タ及び Q チャンネルの受信データを得る。

ここまで説明した構成において、各バンド・パス・フィルタ 2  
25 02 I、202 Q、206、222、232、253 I、253  
Q の一部又は全てとして、上述した実施の形態の構成のフィルタ  
を適用して帯域制限することが可能である。

本発明の通信装置によれば、前述したフィルタ、すなわち適用

すべき通信装置に適合する合成インピーダンスを有したフィルタを備えるので、信頼性の高い通信装置を提供することができる。

図 7 の例では、各フィルタをバンド・パス・フィルタとして構成したが、所定の周波数よりも下の周波数帯域だけを通過させる  
5 ロー・パス・フィルタや、所定の周波数よりも上の周波数帯域だけを通過させるハイ・パス・フィルタとして構成して、それらのフィルタに上述した各実施の形態の構成のフィルタを適用してもよい。また図 7 の例では、無線送信及び無線受信を行う通信装置としたが、有線の伝送路を介して送信及び受信を行う通信装置が  
10 備えるフィルタに適用してもよく、さらに送信処理だけを行う通信装置や受信処理だけを行う通信装置が備えるフィルタに、上述した実施の形態の構成のフィルタを適用してもよい。

## 請求の範囲

1. 同一基板上に形成されたビーム構造を有する複数の微小共振器素子が電氣的に並列接続されて成ることを特徴とする微小共振器。

5      2. 前記複数の微小共振器素子は、同一平面上に配置した入力電極及び出力電極と、前記入力電極と出力電極に対して空間を挟んで配置した振動板となるビームとを備えた複数の微小共振器素子を有し、該複数の微小共振器素子が同一基板上に並列に配置されて成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載の微小共振器。

10      3. 前記複数の微小共振器素子は、同一平面上に配置した入力電極及び出力電極と、前記入力電極と出力電極に対して空間を挟んで並列状に配置した複数の振動板となるビームとを備えた複数ビーム型微小共振器素子から成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載の微小共振器。

15      4. 前記複数の微小共振器素子は、同一平面上に配置した入力電極及び出力電極と、前記入力電極と出力電極に対して空間を挟んで並列状に配置した複数の振動板となるビームとを備えた複数の複数ビーム型微小共振器素子を有し、該複数の複数ビーム型微小共振器素子が同一基板上に並列に配置されて成ることを特徴とする請求の範囲第1項記載の微小共振器。

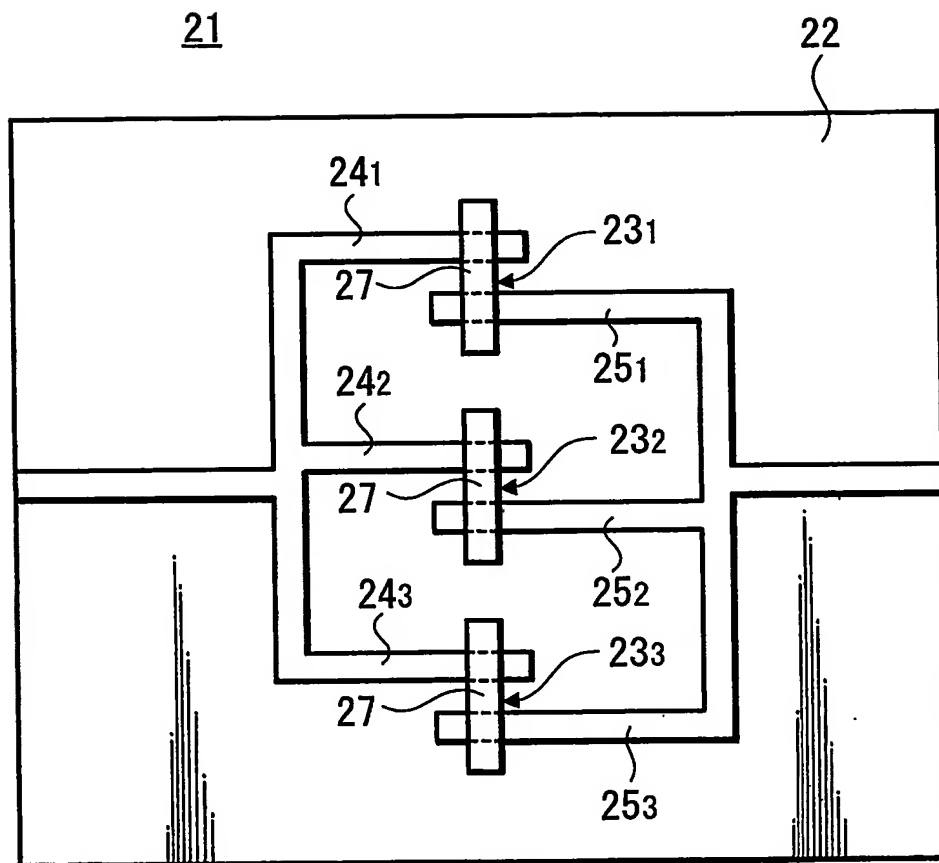
20      5. 送信信号及び／又は受信信号の帯域制限を行うフィルタを備えた通信装置において、前記フィルタとして、同一基板上に形成されたビーム構造を有する複数の微小共振器素子が電氣的に並列接続されてなる微小共振器によるフィルタが用いられて成ることを特徴とする通信装置。

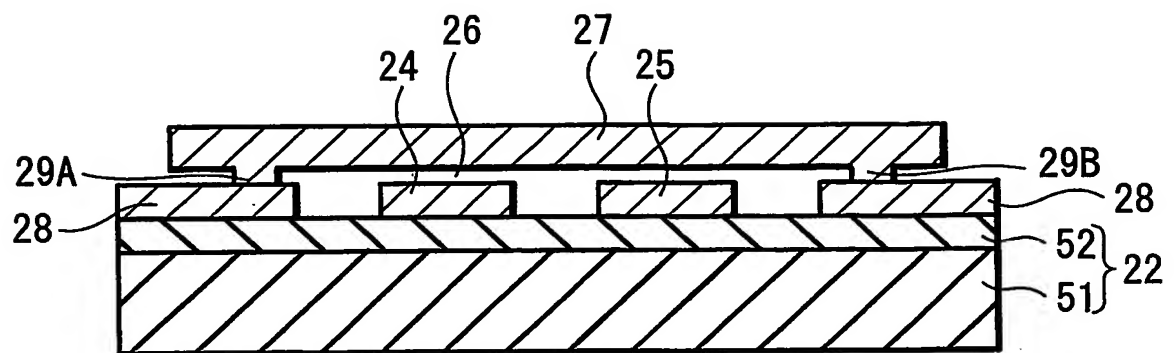
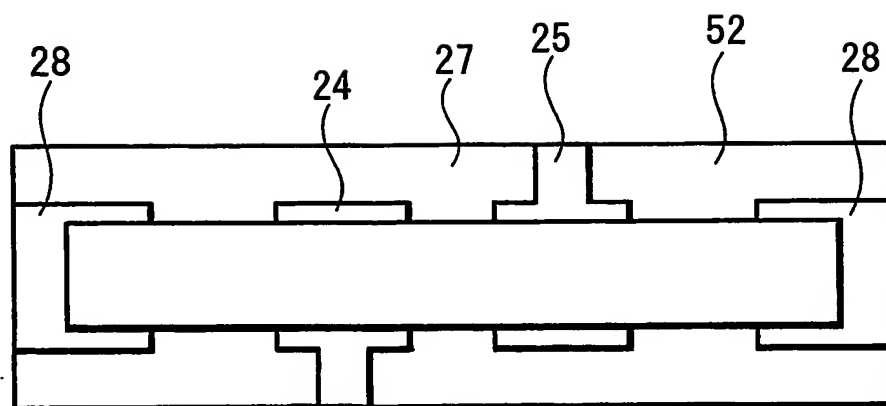
25      6. 前記フィルタにおける複数の微小共振器素子は、同一平面上に配置した入力電極及び出力電極に対して空間を挟んで配置した振動板となるビームとを備えた複数の微小共振器素子を有し、該

複数の微小共振器素子が同一基板上に並列に配置されて成ることを特徴とする請求の範囲第 5 項記載の通信装置。

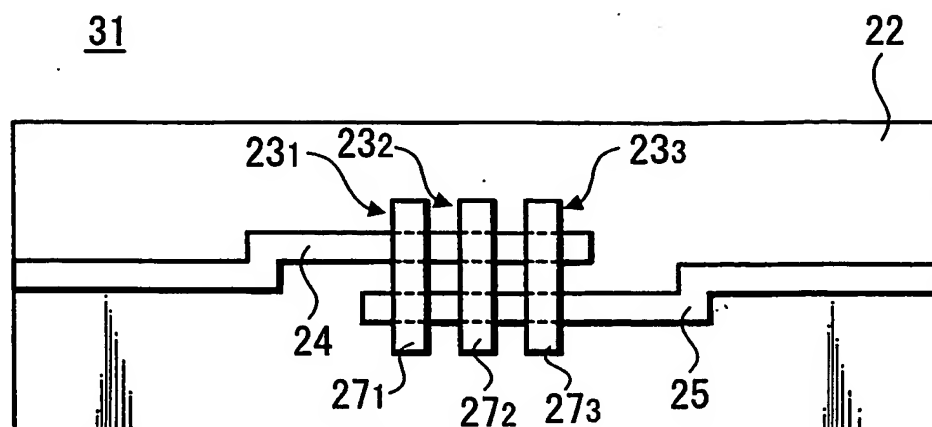
7. 前記フィルタにおける複数の微小共振器素子は、同一平面状に配置した入力電極及び出力電極と、前記入力電極と出力電極に  
5 対して空間を挟んで並列状に配置した複数の振動板となるビームとを備えた複数ビーム型微小共振器素子から成ることを特徴とする請求の範囲第 5 項記載の通信装置。

8. 前記フィルタにおける複数の微小共振器素子は、前記入力電極と出力電極に対して空間を挟んで並列状に配置した複数の振動  
10 板と成るビームとを備えた複数の複数ビーム型微小共振器素子を有し、該複数の複数ビーム型微小共振器素子が同一基板上に並列に配置されて成ることを特徴とする請求の範囲第 5 項記載の通信装置。

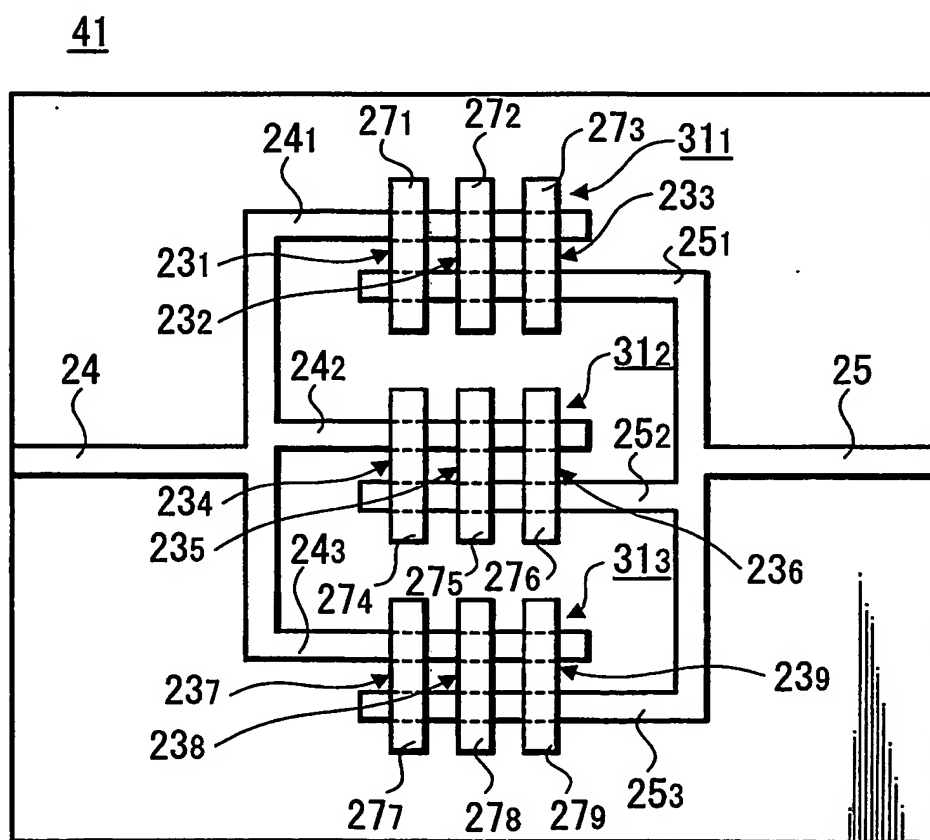
**FIG. 1**

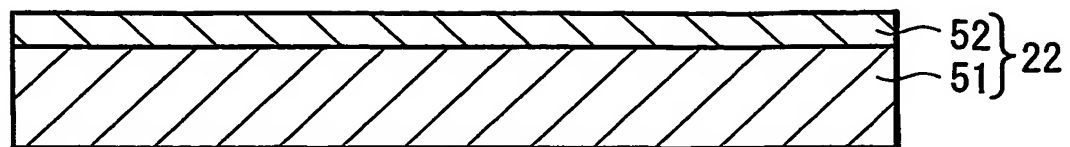
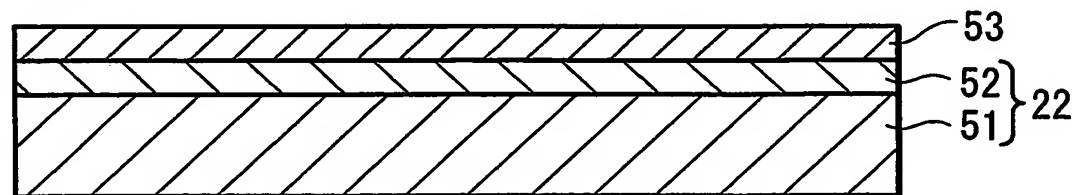
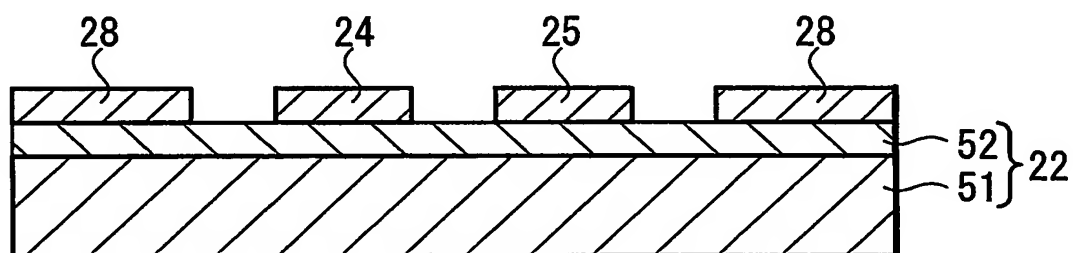
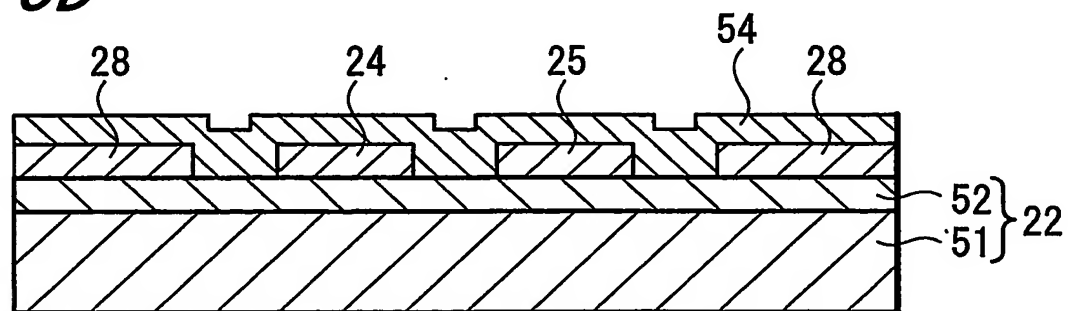
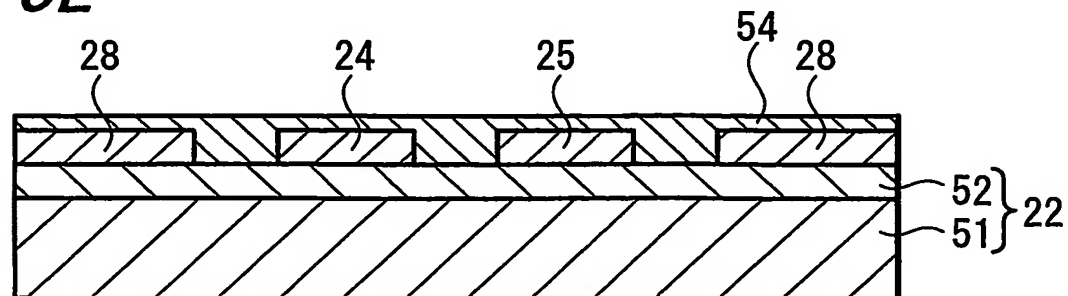
*FIG. 2A**FIG. 2B*

**FIG. 3**

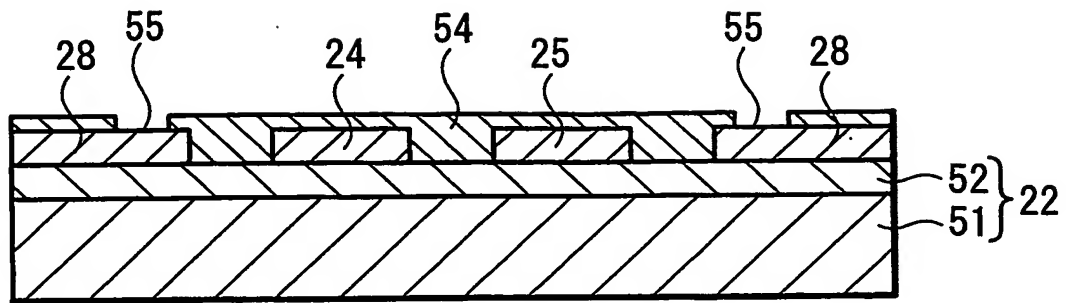
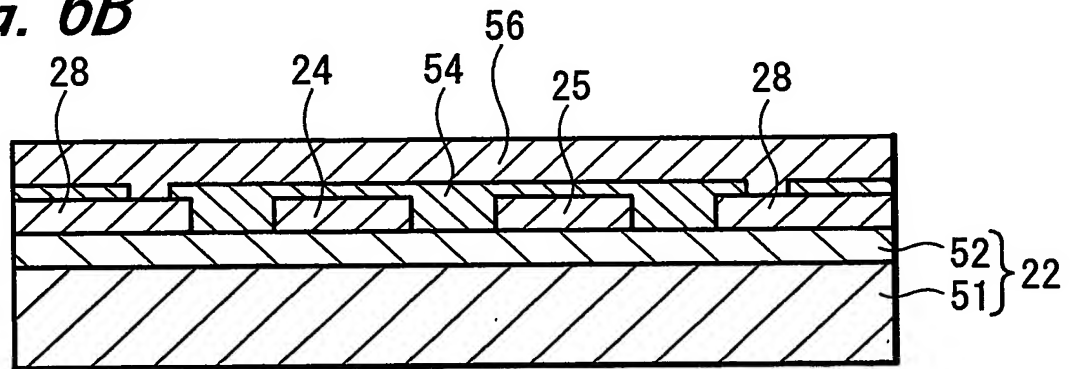
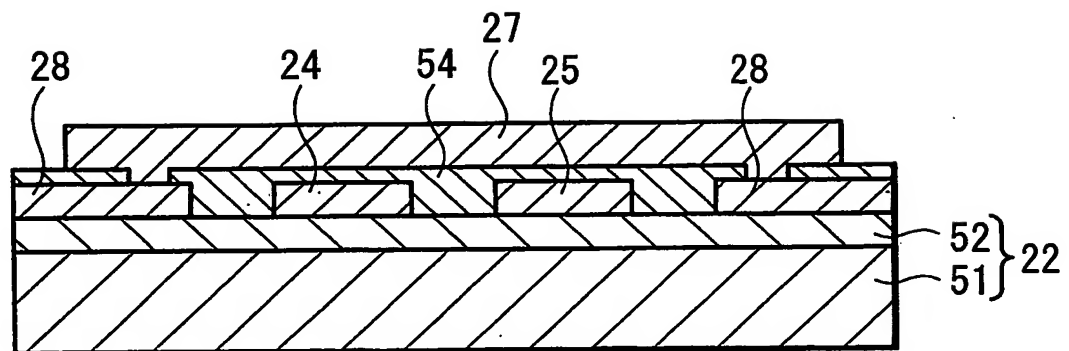
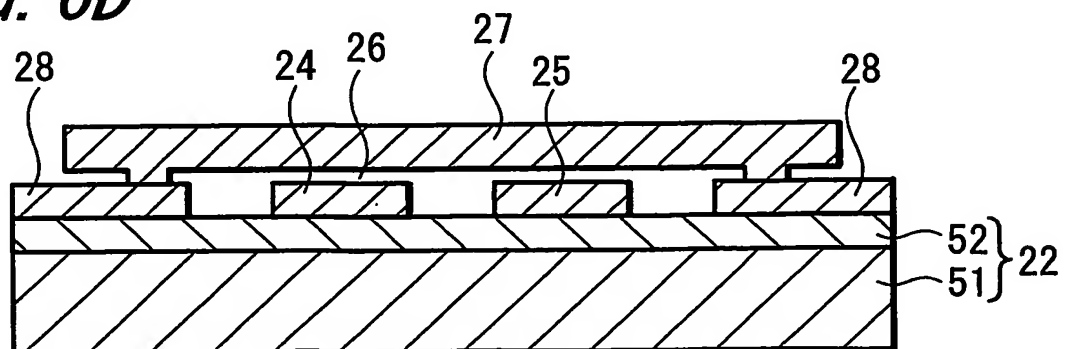


**FIG. 4**

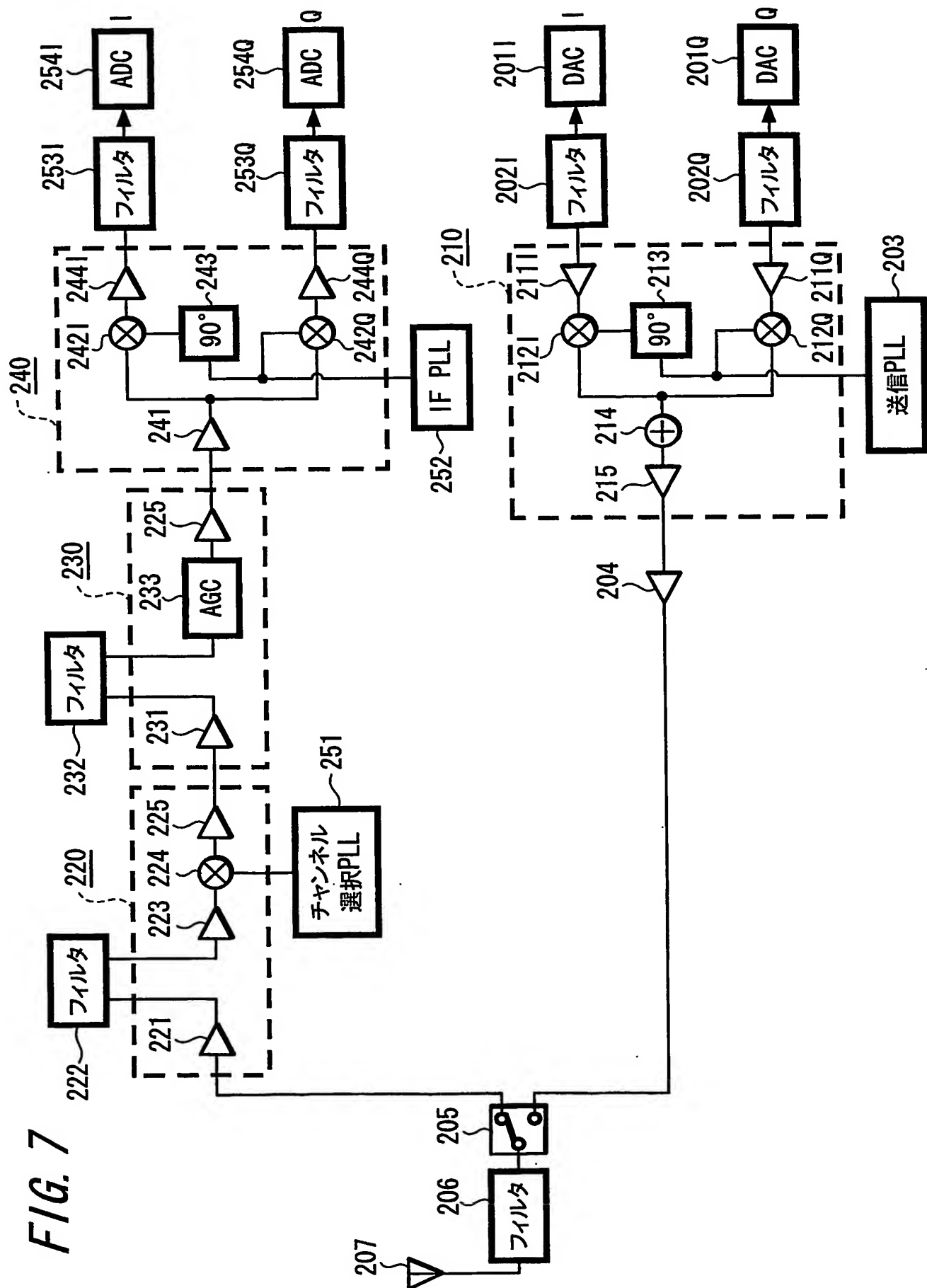


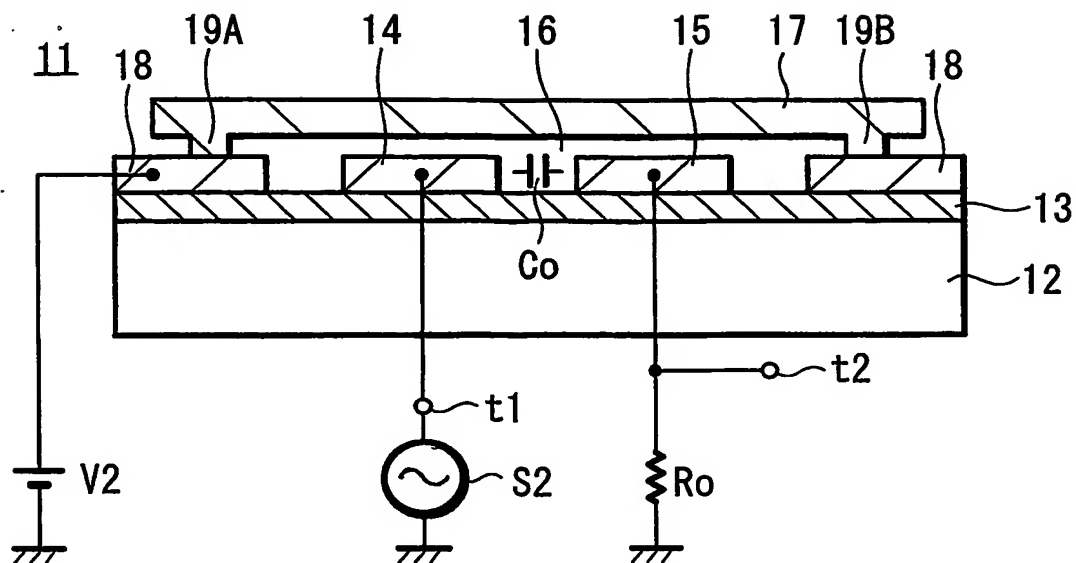
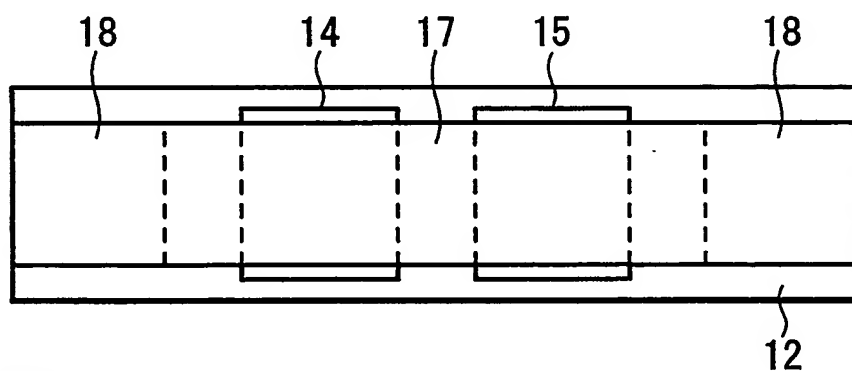
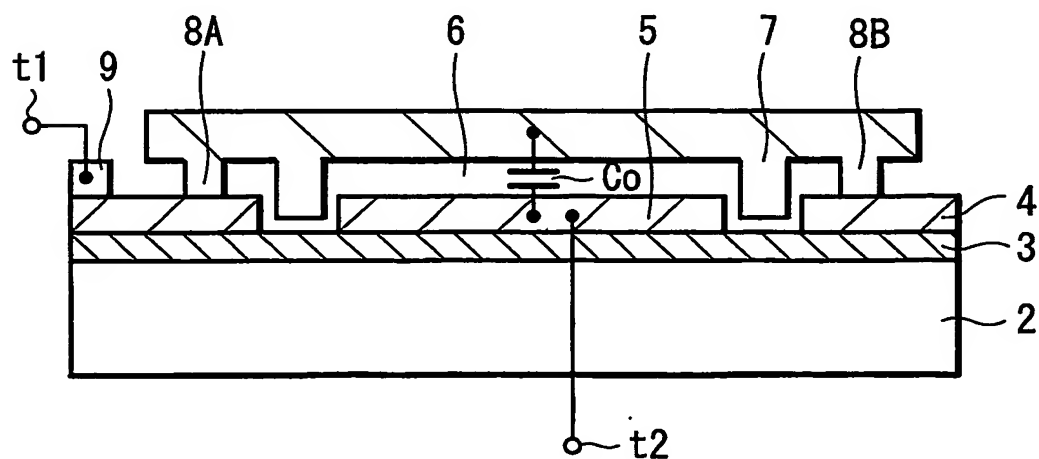
**FIG. 5A****FIG. 5B****FIG. 5C****FIG. 5D****FIG. 5E**



**FIG. 6A****FIG. 6B****FIG. 6C****FIG. 6D**

**FIG. 7**



**FIG. 8****FIG. 9****FIG. 10**

## 引用符号の説明

- 1・・・微小共振器
- 2・・・半導体基板
- 3・・・絶縁膜
- 4・・・入力側配線層
- 5・・・出力電極
- 6・・・空間
- 7・・・振動電極（ビーム）
- 8[8 A、8 B]・・・アンカー部
- 9・・・金（Au）膜
- t1・・・入力端子
- t2・・・出力端子
- 1 1・・・微小共振器
- 1 2・・・半導体基板
- 1 3・・・絶縁膜
- 1 4・・・入力電極
- 1 5・・・出力電極
- 1 6・・・空間
- 1 7・・・振動電極（ビーム）
- 1 8・・・配線層
- 1 9[1 9 A、1 9 B]・・・アンカー部
- 2 1、3 1，4 1・・・微小共振器
- 2 2・・・基板
- 2 3[2 3 1～2 3 9]・・・微小共振器素子
- 2 4[2 4 1～2 4 3]・・・入力電極
- 2 5[2 5 1～2 5 3]・・・出力電極
- 2 6・・・空間
- 2 7[2 7 1～2 7 9]・・・振動電極（ビーム）

2 8 . . 配線層  
2 9 A , 2 9 B . . アンカー部  
2 0 1 I 、 2 0 1 Q . . デジタル／アナログ変換器  
2 0 2 I 、 2 0 2 Q 、 2 1 1 I 、 2 1 1 Q . . バンド・パス・フ  
ィルタ  
2 1 0 . . 変調器  
2 1 2 I 、 2 1 2 Q . . ミキサ  
2 0 3 . . P L L 回路  
2 1 3 . . 移相器  
2 1 4 . . 加算器  
2 1 5 . . バッファアンプ  
2 0 4 . . 電力増幅器  
2 0 5 . . 送受信切換器  
2 0 6 . . 高周波フィルタ  
2 0 7 . . アンテナ  
2 2 0 . . 高周波部  
2 2 1 . . 低ノイズアンプ  
2 4 4 I 、 2 4 4 Q . . バッファアンプ  
2 2 2 、 2 3 2 . . . バンド・パス・フィルタ  
2 2 3 、 2 2 5 、 2 3 1 、 2 3 4 . . バッファアンプ  
2 2 4 . . ミキサ  
2 5 1 . . チャンネル選択用 P L L 回路  
2 3 3 . . A G C 回路  
2 4 0 . . 復調器  
2 5 2 . . 中間周波用 P L L 回路  
2 4 2 I . . ミキサ  
2 4 3 . . 移相器  
2 5 3 I 、 2 5 3 Q . . バンド・パス・フィルタ

2 5 4 I 、 2 5 4 Q ・ ・ アナログ／デジタル変換器

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016800

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H03H9/24, B82B3/00, B81B7/02, B06B1/04, H02N1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H03H9/24, B82B3/00, B81B7/02, B06B1/04, H02N1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

IEEE

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Nguyen, C.T.-C. et al., 'Design and performance of CMOS micromechanical resonator oscillators', Frequency Control Symposium, 1994, 48th., Proceedings of the 1994 IEEE International, 1-3 June 1994, pages 127 to 134, Fig. 3	1-8
Y	Demirci M.U. et al., 'Higher-mode free-free beam micromechanical resonators', Frequency Control Symposium and PDA Exhibition Jointly with the 17th European Frequency and Time Forum, 2003. Proceedings of the 2003 IEEE International, 4-8 May, 2003, pages 810 to 818, Figs. 1 to 9, table 1	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 February, 2005 (09.02.05)

Date of mailing of the international search report

01 March, 2005 (01.03.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016800

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 09-238025 A (Mitsubishi Electric Corp.), 09 September, 1997 (09.09.97), Par. No. [0080]; Fig. 20 (Family: none)	1-4
Y	US 5589082 A (Liwei Lin, Clark T. Nguyen), 31 December, 1996 (31.12.96), column 8, lines 15 to 58; Figs. 5 to 6(b) & WO 94/014240 A1 & AU 5869994 A1	1-8
A	Seungbae Lee, Nguyen, C.T.-C.' Influence of automatic level control on micromechanical resonator oscillator phase noise', Frequency Control Symposium and PDA Exhibition Jointly with the 17th European Frequency and Time Forum, 2003., Proceedings of the 2003 IEEE International, 4-8 May 2003, pages 341 to 349	1-8



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H03H 9/24 B81B 3/00 B81B 7/02  
B06B 1/04 H02N 1/00

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H03H 9/24 B81B 3/00 B81B 7/02  
B06B 1/04 H02N 1/00

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2005年  
日本国登録実用新案公報 1994-2005年  
日本国実用新案登録公報 1996-2005年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

IEEE

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	Nguyen, C.T.-C.et.al., 'Design and performance of CMOS micro mechanical resonator oscillators', Frequency Control Symposium, 1994. 48th., Proceedings of the 1994 IEEE International, 1-3 June 1994, pp.127-134, fig 3	1-8
Y	Demirci M.U., et al., 'Higher-mode free-free beam micromechanical resonators', Frequency Control Symposium and PDA Exhibition Jointly with the 17th European Frequency and Time Forum, 2003. Proceedings of the 2003 IEEE International, 4-8 May 2003, pp.810-818, fig 1-9, table 1	1-8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.02.2005

国際調査報告の発送日

01.3.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

江口 能弘

5W

3248

電話番号 03-3581-1101 内線 3574

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 09-238025 A (三菱電機株式会社) 1997. 09. 09 第0080段落, 第20図 (ファミリーなし)	1-4
Y	US 5589082 A (Liwei Lin, Clark T. Nguyen) 1996. 12. 31 column 8 line 15-58, fig 5-6 (b) & WO 94/014240 A1 & AU 5869994 A1	1-8
A	Seungbae Lee, Nguyen, C.T.-C. 'Influence of automatic level control on micromechanical resonator oscillator phase noise', Frequency Control Symposium and PDA Exhibition Jointly with the 17th European Frequency and Time Forum, 2003. Proceedings of the 2003 IEEE International , 4-8 May 2003, pp.341 - 349	1-8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**